

要支援，要介護高齢者に対する
開口訓練の有効性について

日本大学大学院歯学研究科歯学専攻

熊倉 彩乃

(指導：植田 耕一郎 教授，中山 潤利 助教)

緒 言

わが国は、超高齢社会を迎え、約4人に1人が65歳以上の高齢者である。脳血管疾患をはじめとする日常生活に支障をきたす全身疾患を有する高齢者は増加しており、彼らの多くに摂食嚥下機能の低下も認められる¹⁻³⁾。一方では、疾患の有無にかかわらず、高齢者では咀嚼力や食塊保持能力の低下⁴⁾、また嚥下反射惹起遅延⁵⁻⁷⁾、喉頭挙上量^{8,9)}や食道入口部開大量低下^{10,11)}などの口腔相と咽頭相の協調性不良^{12,13)}が、潜在的な摂食嚥下機能の障害に繋がると言われている。これら加齢変化について、Wadaら¹⁴⁾は舌骨上筋群の筋力低下に着目した。戸原ら^{15,16)}はその筋力測定方法として開口力計を開発し、健常高齢者の開口力を測定したところ、70歳以上では70歳未満(65歳から69歳)の高齢者に比べて、有意に開口力が低下していることを報告した。しかし、この報告では性差、年齢、要介護状態の違いによる影響については考慮していなかった。そこで、本研究において、これらを考慮したうえで、開口力との関連性について検討を行った。

さらに、要支援と要介護高齢者に対する介護予防としての開口訓練の有効性についても検証した。Wadaら¹⁴⁾は開口訓練を嚥下障害患者に対して4週間行ったところ、舌骨の上方への挙上量、食塊の咽頭通過時間、食道入口部開大量の改善、咽頭残留量の減少といった効果を認めた。しかし、嚥下障害のない要支援と要介護高齢者に対してこの訓練が有効であるかは不明である。要支援と要介護高齢者に対して開口訓練を実施し、開口力と舌骨上筋群(顎舌骨筋)の筋活動量への有効性が認められるならば、摂食嚥下障害の予防に貢献できる可能性がある。そこで本研究では、要支援と要介護

高齢者に対して Wada らと同様の 4 週間の開口訓練プログラムを行い，開口力，舌骨上筋群の筋活動量，および開口力の訓練前後比（増加率）について検討した。

被験者および方法

1. 被験者

通所リハビリテーションを利用している、生活の一部に何らかの介助が必要な者（要支援）が 37 名、生活全般に介助が必要な者（要介護度 1 から 3）が 42 名の計 79 名を被験者とした（第 1 表）。認知機能低下により訓練が行えない者や、最大開口時および開口力測定時に顎関節に疼痛を認める者は除外した。また、被験者全員は常食を摂取しており、摂食嚥下機能障害を疑わせる主訴や症状を持つ者はいない。

2. 開口訓練

Wada ら¹⁴⁾の方法に準じて、被験者が 10 秒間の最大開口保持が可能であることを確認し、5 回行うことを 1 セットとし、1 日に 2 セットを 4 週間行うものとした。被験者全員に自宅で訓練を行ってもらった。また、訓練を毎日行えたかどうかを確認するため、訓練を行った日には訓練用カレンダーに印をつけてもらい、4 週間後の計測時に確認した。

3. 開口力および舌骨上筋群筋活動の測定

1) 開口力

開口力の測定は、訓練前と自宅での 4 週にわたる開口訓練の翌日に行った。被験者は座位にて、深く腰掛けて足底を接地した状態で測定を行った。開口力計（開口カトレーナー、リブド株式会社）を装着し（第 1 図）、被験者の随意による最大開口を指

示した。最大開口時における開口力 (kg) を 3 回測定したのち、平均値を最大開口力とした¹⁶⁾。

2) 顎舌骨筋筋活動量

顎舌骨筋の筋活動量 (mV) の観察は、開口力の測定と同時期に行った。筋活動量の測定には、筋電図の記録システム (RMT-1000, 日本光電社) を用い、表面筋電の導出にはディスポーザブル電極 (L-150, 日本光電社) を使用した。電極貼付部位は開口力計のチンキャップ部に電極が触れない位置で、顎舌骨筋の筋線維走行に並行とし、顎下部から導出した。なお、皮膚表面には前処理を行い、電極中心間距離を 20 mm とした¹⁷⁻²¹⁾。

顎舌骨筋の筋活動量の観察には、10 秒間の筋電図波形から振幅が高く安定した初期の 1 秒間の二乗平方根 (root mean square : RMS) を用いた。RMS は 3 回測定し、それぞれ算出した値の平均値を最大筋活動量とした。

4. データ処理および統計解析

表面筋電計の設定は、高感度増幅器 (MEG-6108, 日本光電社)、データ収録システムには PowerLab 2/26 (ML826, 日本光電社) を用いてパーソナルコンピュータに取り込み、データ処理を行った。サンプリング周波数は 1 kHz, 低域から高域遮断周波数は 15 Hz~500 Hz とした。

統計解析には SPSS statistics 21.0 (IBM) を使用した。開口力および顎舌骨筋筋活動量の開口訓練前後の比較については paired *t* 検定を用いた。また、男性と女性、

65～69 歳と 70 歳以上，要支援と要介護状態で分けたときの群間比較については Student t 検定を用い Bonferroni 補正を行った。さらに，年齢と開口力との関連を確かめるため，性別，要介護度の要因を除外したうえで，訓練前と訓練後の開口力と年齢との偏相関係数，および訓練の増加率と年齢との偏相関係数を算出した。有意水準は 5%未満とした。

5. 倫理的配慮

本研究は，日本大学歯学部倫理委員会（倫許 2013-4）の承認を受けた。すべての被験者には本研究の主旨および方法について，安易な言葉で十分な説明を行い，書面にて同意を得た。

結 果

1. 開口力

開口訓練前後での開口力の結果を、第2表および第2図に示した。

1) 訓練前の群間比較

被験者79名の開口力の平均は 5.0 ± 1.7 kgで、性別においては男性 5.6 ± 1.7 kg, 女性 4.2 ± 1.1 kg, 年齢別においては65~69歳 5.6 ± 2.1 kg, 70歳以上 4.9 ± 1.5 kg, 要介護度においては要支援 5.0 ± 1.6 kg, 要介護 5.0 ± 1.7 kgであった。

訓練前の開口力には性別のみ有意差が認められた ($p < 0.01$)。

2) 訓練後の群内比較

開口訓練後4週間の開口力の平均は 5.7 ± 1.7 kgで、男性 6.4 ± 2.0 kg, 女性 4.9 ± 1.6 kg, 65~69歳 6.6 ± 2.1 kg, 70歳以上 5.5 ± 1.8 kg, および要支援 5.9 ± 1.8 kg, 要介護 5.5 ± 2.0 kgであった。性別, 年齢, 要支援と要介護の全てにおいて訓練前に比べて訓練後は開口力に有意な増加がみられた ($p < 0.05$)。

3) 訓練後の群間比較

訓練後の開口力では性別に有意差が認められた ($p < 0.01$)。

3. 顎舌骨筋の筋活動量

開口訓練前後での顎舌骨筋の筋活動量の結果を、第2表および第3図に示した。

1) 訓練前の群間比較

被験者79名の顎舌骨筋筋活動量の平均は 26.0 ± 4.3 mV, 性別においては男性

25.8 ± 4.6 mV, 女性 26.2 ± 3.9 mV, 年齢別においては 65~69 歳 26.1 ± 4.1 mV, 70 歳以上 25.9 ± 4.4 mV, および要介護度においては要支援 26.7 ± 4.3 mV, 要介護 25.3 ± 4.3 mV であった。訓練前の筋活動量には, いずれも有意差は認められなかった。

2) 訓練前後の群内比較

開口訓練後の筋活動量の平均は 27.3 ± 3.7 mV, 男性 27.3 ± 3.8 mV, 女性 27.4 ± 3.5 mV, 65~69 歳 28.1 ± 3.8 mV, 70 歳以上 27.2 ± 3.6 mV, および要支援 28.1 ± 3.5 mV, 要介護 26.7 ± 3.7 mV であった。開口力と同様に性別, 年齢別, 要支援要介護別の全てにおいて, 訓練前に比べて訓練後の舌骨上筋群筋活動量の有意な増加がみられた ($p < 0.05$)。

3) 訓練後の群間比較

訓練後の筋活動量に関しては, いずれも有意差は認められなかった。

4. 開口力の訓練前後比 (増加率)

増加率の結果については, 第 4 図に示した。

性別と要介護度を調整したうえでの年齢と開口力の偏相関分析を行った結果, 訓練前は $R = 0.3$ ($p < 0.05$), 訓練後は $R = 0.4$ ($p < 0.001$) と有意な関連性が認められた。一方で, 年齢と開口力の増加率で偏相関分析を行ったが, 有意な関連性は認められなかった。

考 察

介護予防は 2000 年に公的介護保険が施行されて以来の基本理念であり，運動器の機能向上，栄養改善，および口腔機能の向上支援は，介護予防の 3 本柱として 2006 年より地域支援事業導入とともに全国郡市単位で展開されている。本研究被験者は，介護保険を受給しているが，比較的軽度の要介護高齢者であり，介護度の重度化を予防するという目的で，まさに介護予防の理念に即したものである。

本研究の被験者の訓練前の平均開口力は約 5 kg であった。これは Iida ら¹⁶⁾の報告における要介護状態でない健常高齢者の開口力 (6 kg) と摂食嚥下障害者の開口力 (約 4 kg) の中間に位置する値であった。いずれの被験者も通常の食事を経口摂取しており，摂食嚥下障害を疑う症状や訴えはなかったものの，舌骨上筋群の筋力低下が疑われた。また，今回の被験者においても，65～69 歳の平均は 5.6 ± 2.2 kg，に比較し 70 歳以上の平均は 4.9 ± 1.5 kg と平均開口力は低く，同様に顎舌骨筋筋活動量も減少していた。この結果は，Iida ら¹⁶⁾の報告においても年齢に関して開口力は同様の結果が示されている。ただし，Iida ら¹⁶⁾が行った調査研究では，被験者は要介護ではない健常高齢者であり，性差や要介護状態の影響については除外しきれておらず，これらを調整したうえでの年齢と開口力との関係性について検証する必要があった。本研究では性別や要介護度の影響を除外しても，年齢と開口力が有意に関係していることが示唆された。加齢により筋線維数や筋横断面積の減少による筋力低下の影響が報告されており^{3,22,23)}，開口力は握力^{24,25)}や咬合力^{4,26)}と同様に，加齢により減弱することが明らかとなった。

本研究では、身体活動の低下した高齢者に対して開口訓練を4週間行ってもらい、その訓練効果について検証を行った。その結果、性別、年齢、要介護度にかかわらず、訓練前に比べて訓練後に開口力、顎舌骨筋筋活動量がどちらも有意に増加する結果となった。また、訓練後は65～69歳の平均は6.6 ± 2.1 kg、70歳以上の平均は5.5 ± 1.5 kgとIidaら¹⁶⁾の報告にあった健常高齢者の測定結果に近い値まで向上することができた。今回の被験者のような常食摂取はしているけれども要介護の高齢者に対して開口訓練を行うことの必要性和有効性が示唆された。

さらに、開口訓練の効果については、増加率に年齢との有意な関連性は認められなかったことから、年齢を問わず、顎舌骨筋の筋力増強効果が期待できる訓練法であると思われた。舌骨上筋群が強化されるとシャキア訓練²⁷⁻²⁹⁾やメンデルソン手技^{30,31)}等で示されているように食道入口部の開大効果が期待できる。開口力の低下と食塊咽頭残留との関連性について原ら^{32,33)}の報告から、今回の訓練前後での測定においてどの被験群においても開口力および舌骨上筋群筋活動量が有意に増強されたことは、被験者の潜在的な嚥下障害リスクの低減に貢献できたと考えられる。

高齢者の骨格筋系に対し筋肉トレーニングを行うことは、廃用予防や全身の活動レベルの向上に有効であることは数多く報告されている³⁴⁻³⁷⁾。介護予防のために継続して行うトレーニングとしては、誰でも簡単に、一人でも労せず行えるものであることが望ましい。舌骨上筋群に対する訓練法として従来から行われている方法に頭部挙上訓練²⁷⁻²⁹⁾があるが、この訓練は胸鎖乳突筋が疲労しやすく舌骨上筋群には負荷がかかりにくいことや、虚弱な高齢者にはこの訓練の遂行が困難である¹⁴⁾。一方で、

開口訓練は単純な開口運動を維持するのみであり、特殊な器具も一切不要なため簡便かつ筋力低下のある高齢者においても比較的容易に行える訓練方法である。そのため、要支援、要介護高齢者でも実施が可能であったと思われる。また、今回の被験者は当初より身体機能の維持・向上への意識が高かったことに加え、訓練用カレンダー配布や施設スタッフによる声掛けがモチベーションの維持に貢献し、一人の脱落者も出な
いまま 4 週間の訓練をやり通すことができた。開口訓練は摂食嚥下機能低下予防に有効であり、ひいては介護予防にも貢献できることが示唆された。

今後は長期間実施した場合の効果のプログラム終了後の持続的効果、および加齢とともに避けることのできないサルコペニアの影響について検討していく所存である。

結 論

本研究では、開口訓練が開口力と舌骨上筋群へ影響を及ぼす因子として、性別、年齢、要介護状態別の観点から検討し、以下の結果を得た。

1. 今回の被験者は要支援、要介護高齢者であったにもかかわらず、一人の脱落者もなく、開口訓練を4週間毎日継続することができた。
2. 開口力は性別や要介護度の影響を考慮しても独立的に加齢と関連性があり、加齢とともに減弱していた。
3. 開口訓練の効果については年齢に関わらず認められ、開口力と顎舌骨筋筋活動量ともに向上した。

開口訓練は、摂食嚥下障害者のリハビリテーションとして有効であるだけでなく、嚥下機能を維持・向上させ介護予防にも有効であることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究に際し懇切なるご指導および校閲を賜りました日本大学歯学部植田耕一郎教授，中山洵利助教，また専攻の立場からご指導を賜りました日本大学歯学部石上友彦教授，大木秀郎教授および祇園自信仁教授に深く感謝いたします。あわせて、本研究に対し日頃ご助言を頂きました本学摂食機能療法学講座医局員各位に感謝の意を表します。

なお、本研究は平成 26 年度日本大学大学院歯学研究科研究費（学生研究費）の補助によってなされた。

文 献

1. Ahlgren J (1978) Relationship between integrated EMG and tension in opening of the mandible. In *Oral Physiology and Occlusion*, edited by Perryman JH. Pergamon Press, New York 41-54.
2. Baredes S, Shah CS, Kaufman R (1997) The frequency of cricopharyngeal dysfunction on videofluoroscopic swallowing studies in patients with dysphagia. *Am J Otolaryngol* 18, 185-189.
3. Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, Garry PJ, and Lindeman RD (1998) Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* 147, 755-763.
4. Logemann JA (1990) Effects of aging on the swallowing mechanism. *Otolaryngol Clin North Am* 23, 1045-1056.
5. 平井敏博 (1994) 高齢者における咬合・咀嚼機能の維持. *老年歯科* 9, 3-12.
6. Dejaeger E, Pelemans W, Ponette E (1997) Mechanisms involved in postdeglutition retention in the elderly. *Dysphagia* 12, 63-67.
7. Logemann JA, Pauloski BR, Rademaker AW (2000) Temporal and biomechanical characteristics of oropharyngeal swallow in younger and older men. *J Speech Lang Hear Res* 43, 1264-1274.
8. 越井健司 (1992) 加齢と嚥下動態. *JOHNS* 8, 1705-1709.
9. 丘村 熙 (1993) 正常の嚥下機構. *嚥下のしくみと臨床*. 金原出版, 東京 11-24.

10. Kahrilas PJ, Dodds WJ, Dent J, Logemann JA, Shaker R (1988) Upper esophageal sphincter function during deglutition. *Gastroenterology* 95, 52-62.
11. 横山正人 (1997) 高齢の咽喉頭異常感症患者の嚥下動態. *耳鼻* 43, 661-665.
12. Ekberg O, Feinberg MJ (1991) Altered swallowing function in elderly patients without dysphagia-Radiologic findings in 56 cases. *AJR* 156, 1181-1184.
13. Robbins I, Levine R, Wood J, Roecker EB, Luschei E (1995) Age effects on lingual pressure generation as a risk factor for dysphagia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 50, 257-262.
14. Wada S, Tohara H, Iida T, Inoue M, Sanpei R, Ueda K (2012) Jaw-opening exercise for insufficient opening of upper esophageal sphincter. *Arch Phys Med Rehabil* 93, 1995-1999.
15. 戸原 玄, 和田聡子, 三瓶龍一, 井上統温, 佐藤光保, 飯田貴俊, 鰐原賀子, 岡田猛司, 島野嵩也, 石山寿子, 中川量晴, 植田耕一郎 (2011) 簡易な開口力測定器の開発—第 1 報: 健常者の開口力, 握力および年齢との比較—. *老年歯学* 26, 78-84.
16. Iida T, Tohara H, Wada S, Nakane A, Sanpei R, Ueda K (2013) Aging decreases the strength of suprahyoid muscles involved in swallowing movements. *Tohoku J Exp Med* 231, 223-228.
17. 興津太郎, 有田元英, 園田 茂, 大田哲生, 堀田富士子, 本田哲三, 千野直一 (1998) 舌骨上筋群における嚥下表面筋電図の電極位置の検討. *リハビリテーション*

ヨソ医学 35, 241-244.

18. Palmer PM, Luschei ES, Jaffe D, McCulloch TM (1999) Contributions of individual muscles to the submental surface electromyogram during swallowing. *J Speech Lang Hear Res* 42, 1378-1391.
19. Perlman AL, Palmer PM, McCulloch TM, Vandaele DJ (1999) Electromyographic activity from human laryngeal, pharyngeal, and submental muscles during swallowing. *J Appl Physiol* 86, 1663-1669.
20. Ding R, Larson CR, Logemann JA, Rademaker AW (2002) Surface electromyographic and electroglottographic studies in normal subjects under two swallow conditions: normal and during the Mendelsohn maneuver. *Dysphagia* 17, 1-12.
21. Vaiman M, Eviatar E, Segal S (2004) Surface electromyographic studies of swallowing in normal subjects: a review of 440 adults. Report 3. Qualitative data. *Otolaryngol Head Neck Surg* 131, 977-985.
22. Rosenberg IH (1989) Summary comments. *Am J Clin Nutr* 50, 1231-1233.
23. Cruzjentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM (2010) Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing* 39, 412-423.
24. 下方浩史, 柴田和顕, 葛谷文男 (1987) 老化度の測定. *日老医誌* 24, 88-91.
25. Rantanen T, Guralnik JM, Foley D, Masaki K, Leveille S, Curb JD, White L (1999) Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA* 10,

558-560.

26. Ikebe K, Matsuda K, Morii K, Furuya-Yoshinaka M, Nokubi T, Renner RP (2006) Association of masticatory performance with age, posterior occlusal contacts, occlusal force, and salivary flow in older adult. *Int J Prosthodont* 19, 475-481.
27. Shaker R, Kern M, Bardan E, Taylor A, Stewart ET, Hoffmann RG, Arndorfer RC, Hofmann C, Bonnevier J (1997) Augmentation of deglutitive upper esophageal sphincter opening in the elderly by exercise. *Am J Physiol* 272, 1518-1522.
28. Shaker R, Easterling C, Kern M, Nitschke T, Massey B, Daniels S, Grande B, Kazandjian M, Dikeman K (2002) Rehabilitation of swallowing by exercise in tube-fed patients with pharyngeal dysphagia secondary to abnormal UES opening. *Gastroenterology* 122, 1314-1321.
29. Logemann JA, Rademaker A, Pauloski BR, Kelly A, Stangl-McBreen C, Antinoja J, Grande B, Farquharson J, Kern M, Easterling C, Shaker R (2009) A randomized study comparing the Shaker exercise with traditional therapy: a preliminary study. *Dysphagia* 24, 403-411.
30. Kahrilas PJ, Logemann JA, Krugler C, Flanagan E (1991) Volitional augmentation of upper esophageal sphincter opening during swallowing. *Am J Physiol* 260, 450-456.

31. Lazarus C, Logemann JA, Song CW, Rademaker AW, Kahrilas PJ (2002) Effects of voluntary maneuvers on tongue base function for swallowing. *Folia Phoniatr Logop* 54, 171-176.
32. Hara K, Tohara H, Wada S (2013) Jaw-opening force test to screen for Dysphagia: preliminary results. *Arch Phys Med Rehabil* 95, 867-874.
33. 原 豪志, 戸原 玄, 和田聡子, 熊倉彩乃, 大野慎也, 若狭宏嗣, 合羅佳奈子, 石山寿子, 平井皓之, 植田耕一郎, 安細敏弘 (2013) 簡易な開口力測定器の開発 第2報: 開口力と嚥下障害の関係について. *老年歯科* 28, 289-295.
34. Frontera WR, Meredith CN (1988) Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol* 64, 1038-1044.
35. Fiatarone MA, Marks EC (1990) High-intensity strength training in nonagenarians. *JAMA* 263, 3029-3034.
36. Kraemer WJ, Fleck SJ, Evans WJ (1996) Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. *Exerc Sport Sci Rev* 24, 363-397.
37. Nancy K. Latham, Derrick A. Bennett, Caroline M. Stretton, and Craig S. Anderson (2004) Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J Gerontol A Biol Med Sci* 59, 48-61.

図および表

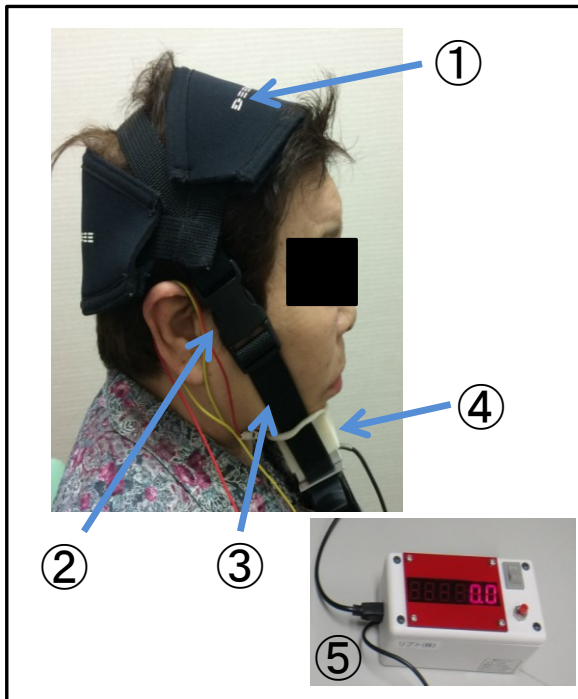
第1表 被験者79名の内訳

	介護度	要支援1	要支援2	要介護	要介護2	要介護3
		(n=16)	(n=21)	(n=18)	(n=16)	(n=8)
性別	男性 (n=44)	6	10	11	10	7
	女性 (n=35)	10	11	7	6	1
年齢	65歳～69歳 (n=16)	2	3	2	4	2
	70歳以上 (n=63)	14	18	16	12	6

第2表 開口訓練前後の開口力, 筋活動量

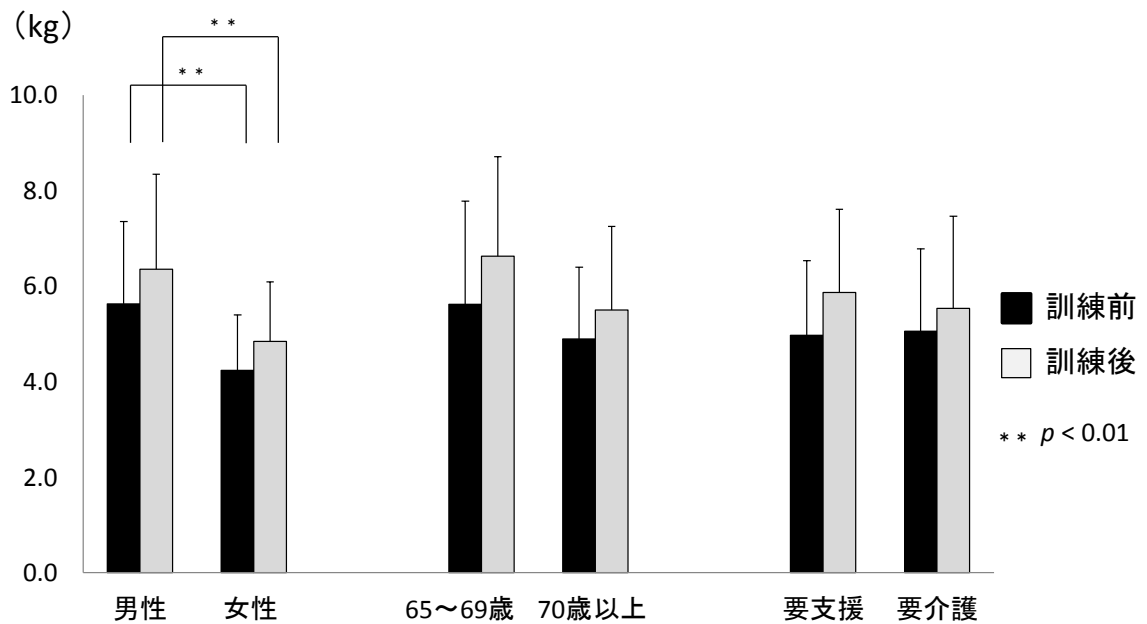
	開口力(kg)			筋活動量(mV)		
	訓練前	訓練後	<i>p</i> value	訓練前	訓練後	<i>p</i> value
全体	5.0 ± 1.7	5.7 ± 1.7	<0.001	26.0 ± 4.3	27.3 ± 3.7	<0.001
男性	5.6 ± 1.7	6.4 ± 2.0	0.010	25.8 ± 4.6	27.3 ± 3.8	0.002
女性	4.2 ± 1.1	4.9 ± 1.6	<0.001	26.2 ± 3.9	27.4 ± 3.5	0.006
65歳～69歳	5.6 ± 2.1	6.6 ± 2.1	0.049	26.1 ± 4.1	28.1 ± 3.8	0.037
70歳以上	4.9 ± 1.5	5.5 ± 1.8	<0.001	25.9 ± 4.4	27.2 ± 3.6	<0.001
要支援	5.0 ± 1.6	5.9 ± 1.8	0.001	26.7 ± 4.3	28.1 ± 3.5	<0.001
要介護	5.0 ± 1.7	5.5 ± 2.0	0.017	25.3 ± 4.3	26.7 ± 3.7	0.009

平均値 ± SD

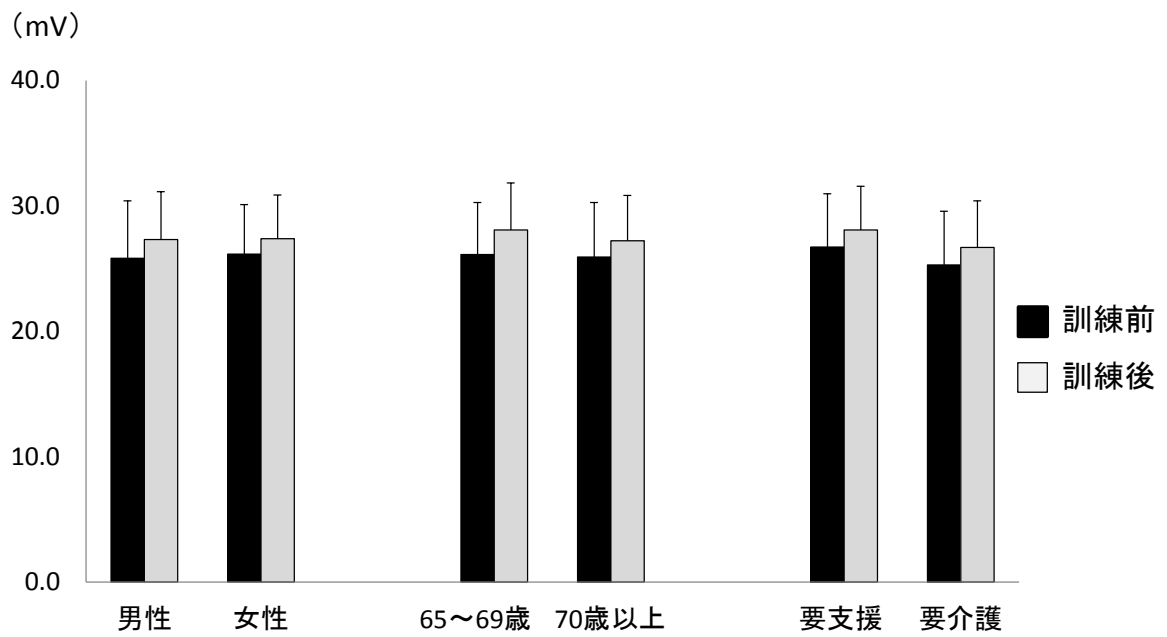


- ①頭頂部キャップ
- ②頭頂部バンド・下顎バンド固定部
(ロック式)
- ③下顎バンド
- ④チンキャップ(開口力センサー内蔵)
- ⑤モニター

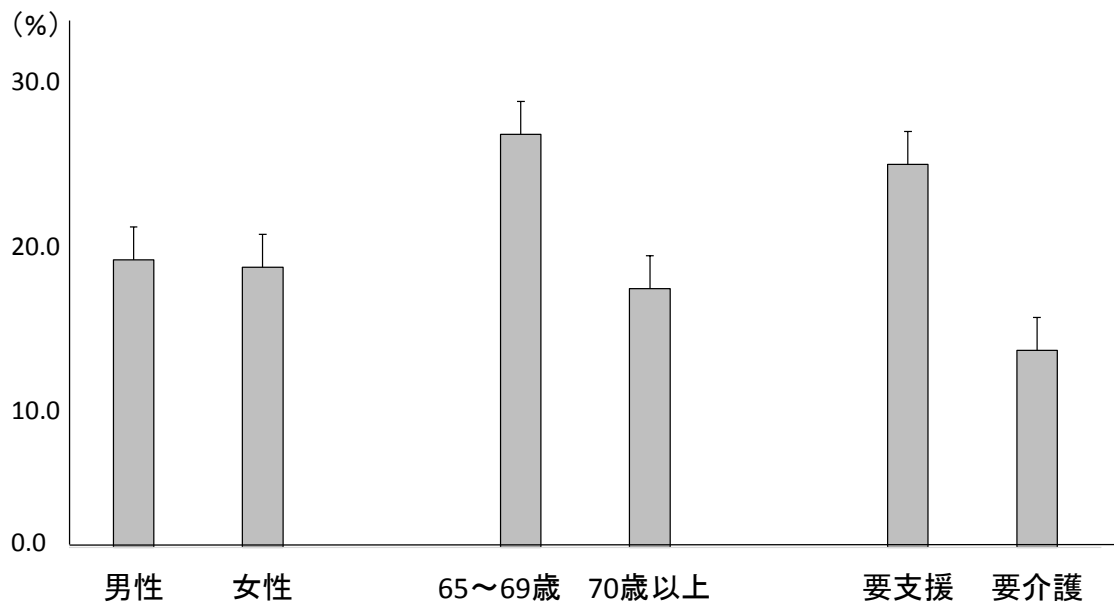
第1図 開口カトレーナー装着図および各部名称



第2図 開口力



第3図 顎舌骨筋筋活動量



第4図 開口力の訓練前後比(増加率)